

(43)公開日 平成11年(1999)4月30日

5 5 0 N
6 0 4 D

審査請求 未請求 請求項の数1 OL (全 11 頁)

(22)出願日 平成9年(1997)10月13日

積水化学工業株式会社
大阪府大阪市北区西天満2丁目4番4号

京都市南区上鳥羽上調子町2-2 積水化学工業株式会社内

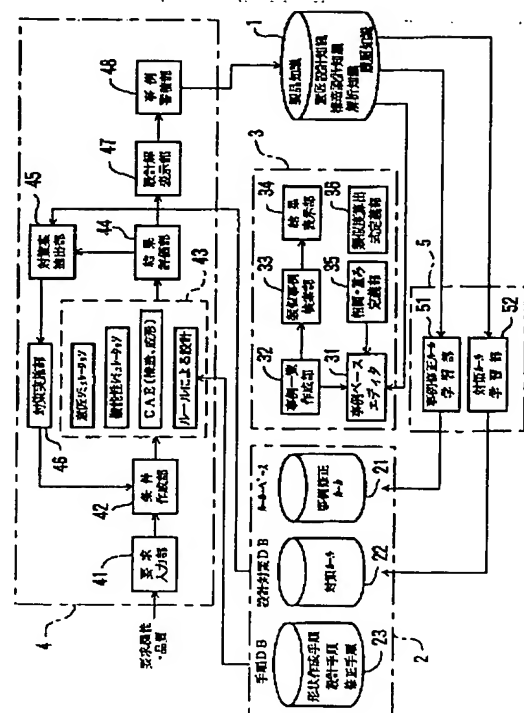
京都市南区上烏羽上調子町 2-2 積水化学工業株式会社内

(54)【発明の名称】 事例ベース推論及び学習を用いた設計システム

(57) 【要約】

【課題】設計履歴を蓄積し、事例推論時に再利用することにより、設計適用範囲の高域化及び設計期間の短縮化を図る。

【解決手段】製品知識、各種設計知識、解析知識、及び設計履歴知識等の解析、設計事例をオブジェクト指向的に保存する設計事例データベース１と、事例修正ルール、対策ルール、及び手順データを保存する汎用知識ベース２と、設計事例データベース１の中で必要な知識のみを事例として構成して、実際の事例データを空間上に展開し、展開された事例の中から今回の設計に最も類似した事例を類推して、最終的に利用できる事例を表示する事例推論エージェント３と、複数の設計評価を同時に協調して行う同時協調設計部４と、設計事例データベース１に事例が蓄積されるに従って事例修正ルールと一般的な対策ルールとを蓄積及び強化していく学習エージェント５とを備える。



(2)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 製品知識、各種設計知識、解析知識、及び設計履歴知識等の解析、設計事例をオブジェクト指向的に保存する設計事例データベースと、事例修正ルール、対策ルール、及び手順データを保存する汎用知識ベースと、前記設計事例データベースの中で必要な知識のみを事例として構成する事例ベースエディタ、実際の事例データを空間上に展開する事例一覧作成部、この事例一覧作成部で展開された事例の中から今回の設計に最も類似した事例を類推する類似事例検索部、及び最終的に利用できる事例を表示する結果表示部を有する事例推論エージェントと、複数の設計評価を同時に協調して行う同時協調設計部と、前記設計事例データベースに事例が蓄積されるに従って前記事例修正ルールを蓄積及び強化していく事例修正ルール学習部、及び前記設計事例データベースに事例が蓄積されるに従って一般的な対策ルールそのものを蓄積及び強化していく対策ルール学習部を有する学習エージェントとを備えたことを特徴とする事例ベース推論及び学習を用いた設計システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、製品やプロセスの設計システムに係り、特にCAEと知識処理とを用いたCAEエキスパートシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、製品やプロセスの設計システムとして、事例推論を用いたシステムが種々提案されている。

【0003】例えば、要求される設計仕様に対し、仕様項目間の設計上の制約や干渉関係を考慮して適用すべき設計仕様を判定し、設計事例ベースから同一の設計仕様を有する過去の設計事例を類似設計事例として検索し、その検索結果を出力する類似設計事例検索装置（特開平7-219989号公報）がある。しかしながら、この類似設計事例検索装置では、類似している部分の知識が適用できるだけであって、類似しない部分を含む全ての知識を完全に取得することはできない。

【0004】そこで、知識を完全に取得できない場合には、事例を修正して適用するようにした事例ベース推論システムも提案されている（特開平6-19714号公報）。

【0005】この事例ベース推論システムは、問題解決に際し、記憶部に予め記憶された複数の事例の内から、解決すべき問題に最も似ている事例を検索し、検索した事例と問題との異なる部分について所定のルールに基づいて事例を補正し、補正後の事例を記憶部に追加記憶する構成となっている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の事例ベース推論システムは、修正するためのルールを蓄積しなければならない、また事例の適用対象も初期設計に限られているといった問題があった。また、設計解を評価する方法や、設計履歴を事例推論に用いるようなシステムは存在しなかった。

【0007】一方、本発明者らは、以前に射出成形品の冷却配管設計において、設計ルールにより初期配管を作成し、またCAE（射出成形用流動・冷却解析）を用いて設計解評価を行い、目標品質（ハイサイクル、離型不良など）を達成するまで、対策案を知識ベースより抽出し、自動的に対策を実行する最適化方法について提案しているが、この最適化方法では、設計ルールや対策ルールのメンテナンスが必要であり、知識獲得が重要な問題となっていた。

【0008】本発明はこのような問題点を解決すべく創案されたもので、その目的は、設計履歴を蓄積し、事例推論時に再利用することにより、設計適用範囲の高域化及び設計期間の短縮化を図った事例ベース推論及び学習を用いた設計システムを提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明の事例ベース推論及び学習を用いた設計システムは、製品知識、各種設計知識、解析知識、及び設計履歴知識等の解析、設計事例をオブジェクト指向的に保存する設計事例データベースと、事例修正ルール、対策ルール、及び手順データを保存する汎用知識ベースと、前記設計事例データベースの中で必要な知識のみを事例として構成する事例ベースエディタ、実際の事例データを空間上に展開する事例一覧作成部、この事例一覧作成部で展開された事例の中から今回の設計に最も類似した事例を類推する類似事例検索部、及び最終的に利用できる事例を表示する結果表示部を有する事例推論エージェントと、複数の設計評価を同時に協調して行う同時協調設計部と、前記設計事例データベースに事例が蓄積されるに従って前記事例修正ルールを蓄積及び強化していく事例修正ルール学習部、及び前記設計事例データベースに事例が蓄積されるに従って一般的な対策ルールそのものを蓄積及び強化していく対策ルール学習部を有する学習エージェントとを備えた構成としている。

【0010】すなわち、従来のCAEを用いた最適化手法に、事例を蓄積する設計事例データベースと、この設計事例データベースから類似事例を類推して修正する事例推論エージェントと、この事例推論エージェントから得られた知識と事例とに共通な汎用的知識を適用する汎用知識ベースと、これらの汎用知識ベースを学習させる学習エージェントとを追加した構成としている。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態につい

(3)

3

て図面を参照して説明する。

【0012】図1は、本発明の事例ベース推論及び学習を用いた設計システムの全体構成を示す説明図である。

【0013】この事例ベース推論及び学習を用いた設計システムは、大別すると、設計事例データベース1、汎用知識ベース2、事例推論エージェント3、同時協調設計部4、及び学習エージェント5によって構成されている。

【0014】設計事例データベース1は、製品知識、各種設計知識（意匠設計知識、構造設計知識等）、解析知識、及び設計履歴知識等の解析、設計事例をオブジェクト指向的に保存する。

【0015】汎用知識ベース2は、事例修正ルール21、対策ルール22、及び形状作成や設計、修正の手順23を保存する。汎用知識ベース2は、事例推論エージェント3から得られた知識と事例とに共通な汎用的知識を適用する。

【0016】事例推論エージェント3は、設計事例データベース1の中で必要な知識のみを事例として構成する事例ベースエディタ31、実際の事例データを空間上に展開する事例一覧作成部32、この事例一覧作成部32で展開された事例の中から今回の設計に最も類似した事例を類推する類似事例検索部33、最終的に利用できる事例を表示する結果表示部34、相関・重み定義部35及び類似度算出式定義部36によって構成されている。

【0017】同時協調設計部4は、複数の設計評価を同時に協調して行うブロックであって、要求される機能や品質等のデータを入力する要求入力部41、入力データに従って評価項目と規準とをセットする条件作成部42、評価項目を評価するためのツール実行部（意匠シミュレーション、機能性シミュレーション、CAE（構造、成形）、ルールによる設計など）43、実行結果の評価を行う結果評価部44、結果評価部44の評価結果に基づき汎用知識ベース2から対策案を抽出する対策案抽出部45、及び抽出した対策案を実施する対策実施部46、結果評価部44の評価結果（設計解）を表示する設計解表示部47、及び事例蓄積部48によって構成されている。

【0018】学習エージェント5は、設計事例データベース1に事例が蓄積されるに従って汎用知識ベース2の事例修正ルール21を蓄積及び強化していく事例修正ルール学習部51、及び設計事例データベース1に事例が蓄積されるに従って汎用知識ベース2の一般的な対策ルール22そのものを蓄積及び強化していく対策ルール学習部52によって構成されている。

【0019】次に、上記構成の事例ベース推論及び学習を用いた設計システムを用いて、実際に新規事例を設計する場合の全体的な動作について、図2に示すフローチャートを参照して説明する。

【0020】要求入力部41に入力された要求機能、品

4

質等のデータは、事例推論エージェント3に入力される（ステップS1）。事例推論エージェント3では、入力された要求機能、品質等のデータに基づいて事例の一覧を作成し（ステップS2）、これら要求機能、品質等を満たす過去の事例を設計事例データベース1から類推し（ステップS3）、その結果を結果表示部34に表示する（ステップS4）。

【0021】この後、得られた全ての知識を実現するために、汎用知識ベース2より手順ルールを取得し、これらを同時協調設計部4に入力する（ステップS5）。同時協調設計部4では、ここで得られたルールを基に初期設計を行い（ステップS6）、その初期設計の評価を行う（ステップS7～S10）。ここでの評価は、意匠性及び機能性シミュレーションなどのCG及びVRを用いた評価（ステップS8）や、構造解析や成形性シミュレーションなどのCAEを用いた評価（ステップS9）、経験式を用いた評価（ステップS10）など、複数の評価を同時に行う。そして、この評価結果に不具合がでた場合には、対策案の抽出を汎用知識ベース2から行う（ステップS11、S12）。ここで、汎用知識ベース2の対策ルール22の中に対策ルールがない場合には、事例推論エージェント3に要求を行い、過去に同様の対策を行っている事例を抽出する。そして、得られた対策を実施し（ステップS13）、再度評価を行う（ステップS7）。この作業（ステップS7～ステップS13）を繰り返し、設計解が最適になった時点で、その最適となった設計解を設計解表示部47に表示する（ステップS14）。

【0022】最後に、これら一連の作業を事例として設計事例データベース1に蓄積する（ステップS15）。また、これら蓄積の状況を学習エージェントが随時管理しており、一般的なルールの発見や、特定のルール群の強化などを行っている（ステップS16）。

【0023】以上が全体的な処理の流れであるが、以下に、事例推論エージェント3、同時協調設計部4、学習エージェント5での具体的な処理手順を個別に説明する。

（1）事例推論エージェント3での処理を、図3に示すフローチャートを適宜参照して説明する。

【0024】事例推論エージェント3では、得られた要求機能や品質、及び形状特徴や材料情報などの製品知識を受け取ると、設計事例データベース1を展開してそれらを問題部にセットする（ステップS21、S22）。問題部には、例えば「製品群」、「製品名」、「体積」、「表面積」、「境界条件」・・・等がセットされる。この後、設計事例データベース1に保存されている過去の事例の問題部と比較しながら、問題部に同じ項目がセットされている事例数Mを全て算出し（ステップS23）、それぞれの事例の問題部の数Nを算出して（ステップS24）、各事例について事例間距離を算出する

(4)

5

(ステップS25)。

【0025】すなわち、算出した事例の中から1事例を抽出し(ステップS26)、問題部Anと抽出した事例の問題部Bnとの距離を算出する。この場合、問題部にセットされた項目が数値Xであり、その数値Xが誤差を示している場合には、距離算出式1を用いてAnとBnとの距離yを算出する(ステップS27, S28, S29, S30)。

【0026】

【数1】

【0027】〔距離算出式1〕

$$y = 1.0 \quad (\text{ただし、} -\alpha X < x < \alpha X)$$

一方、問題部にセットされた項目が数値Xであり、距離算出式が距離算出式2として設定されている場合には、その距離算出式2を用いてAnとBnとの距離yを算出する(ステップS27, S28, S29, S31)。

【0028】

【数2】

【0029】〔距離算出式2〕

$$y = 0.0 \quad (\text{ただし、} x < -\alpha X)$$

$$y = (1/\alpha X) \cdot x + 1/(-\alpha) \quad (\text{ただし、} -\alpha X < x < X)$$

$$y = 1 \quad (\text{ただし、} x = X)$$

$$y = (1/-\alpha X) \cdot x + 1/\alpha \quad (\text{ただし、} X < x < \alpha X)$$

$$y = 0.0 \quad (\text{ただし、} \alpha X < x)$$

一方、問題部にセットされた項目が文字である場合には、距離算出法3を用いてAnとBnとの距離yを算出する(ステップS27, S28, S29, S32)。ここでの距離算出法3は、例えば完全一致法とする。すなわち、問題部Anの文字(名称)が例えば「フランジ」*

【事例間距離算出法2】

$$\text{類似度 } L = \frac{\sum_{n=1}^{n=N} \alpha(n) \cdot Y(n)}{\sum_{n=1}^{n=N} \alpha(n)}$$

【0035】このようにして算出した事例間の距離L(m)を保存する(ステップS40)。

【0036】このようなステップS26～ステップS40の処理を、ステップS23で算出した事例数Mまで繰り返し行った後(ステップS41)、その算出結果を、事例間距離の近い順に表示し(ステップS42)、適用知識を表示して(ステップS43)、事例推論エージェント3での処理を終了する。

【0037】(2)次に、手順実行部での処理を、図4に示すフローチャートを参照して説明する。

6

*で、問題部Bnの文字(名称)が「フランジ」である場合には、 $y = 1.0$ とし、問題部Anの文字(名称)が例えば「フランジ」で、問題部Bnの文字(名称)が「フランジ部」である場合には、 $y = 0.0$ とする。この他にも、シソーラスを用いたオントロジーによる距離算出法が可能である。

【0030】このようにして算出したAnとBnとの距離の全体を、その事例の距離Y(n)として保存する

(ステップS33)。このような処理を、ステップS24で算出した問題部数Nまで繰り返し行った後(ステップS34)、その抽出した事例を全体として総合的に評価した事例間距離を算出する(ステップS35)。このとき、個別知識間の算出に、数値やテキスト以外にも、自然言語、意味的距離、画像、形状なども扱えるようにしてもよい。

【0031】すなわち、事例間距離の算出において、個別知識に重みがついていない場合には、事例間距離算出法1を用いて事例間距離を算出する(ステップS36, S37)。

【0032】

【数3】

【事例間距離算出法1】

$$\text{類似度 } L = \frac{\sum_{n=1}^{n=N} Y(n)}{N}$$

【0033】また、事例間距離の算出において、個別知識に重みがついている場合には、事例間距離算出法2を用いて事例間距離を算出する(ステップS36, S38, S39)。すなわち、全体の事例間距離の算出時にも、各領域で重みが変わる。

【0034】

【数4】

$$\text{類似度 } L = \frac{\sum_{n=1}^{n=N} \alpha(n) \cdot Y(n)}{\sum_{n=1}^{n=N} \alpha(n)}$$

【0038】手順実行部では、事例推論エージェント3で得られた知識を基に、初期設計を行うために必要な全ての知識をセットする(ステップS61)。実行中に知識が不足した場合には、事例推論エージェント3で再度問題部、解答部を再構成して再実行してから知識を取得する。手順実行部では、事例から得られた設計手順に基づき、初期設計解を作成する(ステップS62, S63)。この場合、形状作成、解析用のメッシュ作成、境界条件の付加を行う(ステップS64, S65, S66)。形状作成では、手順を実行するためのCADコマ

7

ンドの履歴とその基になる形状をデータベースで管理しておく。

【0039】(3) 次に、同時協調設計部4での処理を、図5に示すフローチャートを適宜参照して説明する。

【0040】同時協調設計部4では、複数の評価を同時に協調して行うために、まず評価項目と規準とがセットされる(ステップS71)。そして、それらの評価項目を評価できるツール(例えば、意匠性を評価するCGソフトや、構造を評価する構造解析ソフト等)を選定し、それらの解析条件を満たす情報を、事例推論エージェント3の適用知識から設定する(ステップS73～S76)。そして、設定した解析条件に従って、これらのツールを同時に実行する。

【0041】すなわち、意匠シミュレーション(ステップS77)、機能シミュレーション(ステップS78)、構造解析(ステップS79)、成形シミュレーション(ステップS80)を同時に実行し、それぞれについて個別に評価結果を出力する(ステップS81～S84)。そして、結果評価部43で個別の評価結果を集約し、トータルの評価結果が要求品質を満たすまで対策案を抽出し、実行する(ステップS86、S87、S88)。

【0042】図6は、汎用知識ベース2に保存されている対策ルール22の具体的な構造を示しており、各不具合とこれに対する各対策とが、重みつけされて対応付けられている。重みは随時変わり、不具合の新項目や新対策も随時増加する。この対策ルール22の内容から、例えば、

..... 体積を増加させないでコーナの応力集中を減らした場合には、対策1(R大)を実行すれば効果的であることが分かる。また、..... 体積を増加させないでたわみを抑えたい場合には、対策1(R大)と対策5とを実行すれば効果的であることが分かる。

【0043】また、対策案の抽出時に汎用知識ベース2の対策ルール22に対策がない場合には、再度事例推論エージェント3に問い合わせ、過去の対策を類推させる。

【0044】このような対策案の抽出と実行とを繰り返して、トータルの評価結果が要求品質を満たすと、その結果を表示する(ステップS89)。

【0045】図7(a)、(b)は、このようにして得られた個別の評価結果及び集約した評価結果の一例を図示している。すなわち、対策案1では、意匠性の評価値が5、機能性の評価値が7、製品強度の評価値が6、成形性の評価値が3であり、そのトータルの評価値が21となっている。また、同様にして対策案2ではトータルの評価値が23、対策案3ではトータルの評価値が16、対策案4ではトータルの評価値が24となっている[図7(a)参照]。

【0046】ここで、要求品質を満たす評価値が例えば

(5)

8

30であるとする、同時協調設計部4では、まずトータルの評価値の高い対策案4の結果を初期の対策案として設定し、この初期対策案の中の成形性の評価値4を、新たに抽出した対策案の中の評価値8に入れ換え(対策1)、次に製品強度の評価値3を、新たに抽出した対策案の中の評価値7に入れ換えて(対策2)、トータルの評価値32を得ている[図7(b)参照]。この評価値32は、要求品質を満たす評価値となっている。

【0047】(4) 次に、学習エージェント5での処理を、図8に示すフローチャートを適宜参照して説明する。

【0048】ここでは、実際に設計が完了したときに設計事例として蓄積する事例蓄積を行い(ステップS91)、その蓄積状況に応じて学習エージェント5が実行される(ステップS92)。例えば、事例修正ルールの学習(ステップS93)は、事例数が50個増えた時点で実行されるが、対策ルールの学習(ステップS94)と手順の学習(ステップS95)は毎回実行される。

【0049】事例修正ルールの学習(ステップS93)では、過去の事例を全て分析し(ステップS96)、問題部と解答部との相関で実行された実績が高いものをルール化して(ステップS97)、汎用知識ベース2の事例修正ルール21に追加登録する(ステップS98)。

【0050】対策ルールの学習(ステップS94)では、今回行った対策の履歴より、効果の大きなものに対する対策の重みを強化するとともに(ステップS99、S100)、過去にない対策の場合は、対策ルールのシートを汎用知識ベース2の対策ルール22に追加更新する(ステップS101)。

【0051】手順の学習(ステップS95)に関しては、過去にない手順の場合はその手順の名称とCADコマンドの履歴とを、汎用的なものとして汎用知識ベース2の手順ベース21に追加登録する(ステップS102、S103)。

【0052】

【発明の効果】本発明の事例ベース推論及び学習を用いた設計システムは、従来のCAEを用いた最適化手法に、事例を蓄積する設計事例データベースと、この設計事例データベースから類似事例を類推して修正する事例推論エージェントと、この事例推論エージェントから得られた知識と事例とに共通な汎用的知識を適用する汎用知識ベースと、これらの汎用知識ベースを学習させる学習エージェントとを追加した構成としたので、従来必要であった設計ルールや対策ルールのメンテナンスが不要になるだけでなく、必要なルールの確保も可能となる。そのため、設計対策への対応が迅速かつ確実に行えるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の事例ベース推論及び学習を用いた設計システムの全体構成を示す説明図である。

(6)

9

【図2】本発明の事例ベース推論及び学習を用いた設計システムを用いて、実際に新規事例を設計する場合の全体的な動作を説明するためのフローチャートである。

【図3】事例推論エージェントでの処理動作を説明するためのフローチャートである。

【図4】手順実行部での処理動作を説明するためのフローチャートである。

【図5】同時協調設計部での処理動作を説明するためのフローチャートである。

【図6】汎用知識ベースに保存されている対策ルールの10 具体的構造を示す図表である。

【図7】(a)は個別の評価結果及び集約した評価結果の一例を示す図表、(b)は協調設計の最適化を行った結果を示す図表である。

【図8】学習エージェント5での処理動作を説明するためのフローチャートである。

【符号の説明】

- 1 設計事例データベース
- 2 汎用知識ベース
- 3 事例推論エージェント
- 4 同時協調設計部 4

5 学習エージェント

2 1 事例修正ルール

2 2 対策ルール

2 3 手順データ

3 1 事例ベースエディタ

3 2 事例一覧作成部

3 3 類似事例検索部

3 4 結果表示部

3 5 相関・重み定義部

3 6 類似度算出式定義部

4 1 要求入力部

4 2 条件作成部

4 3 ツール実行部

4 4 結果評価部

4 5 対策案抽出部

4 6 対策実施部

4 7 設計解表示部

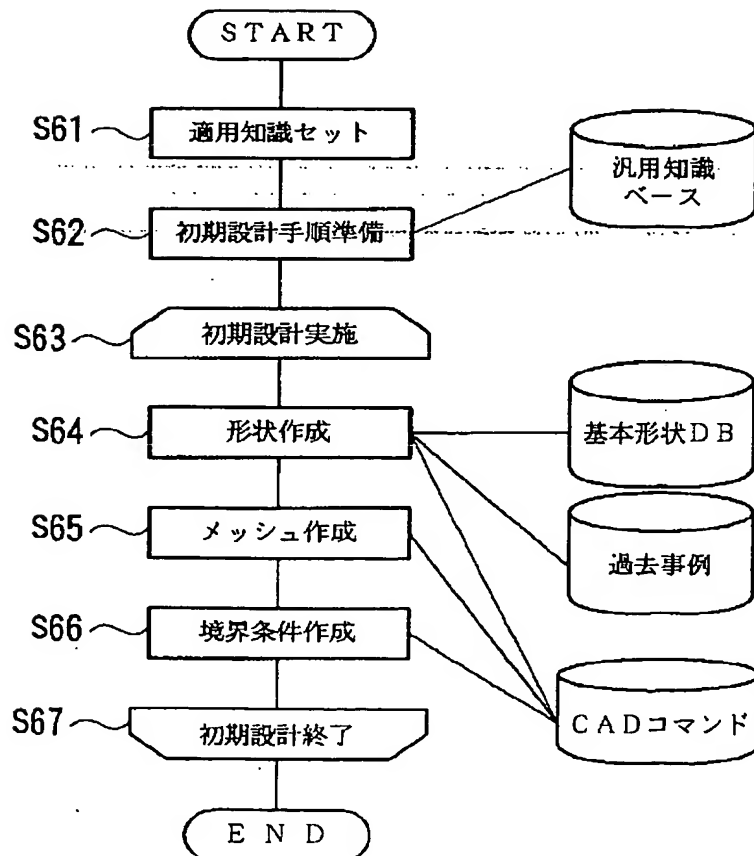
4 8 事例蓄積部

5 1 事例修正ルール学習部

20 5 2 対策ルール学習部

10

【図4】

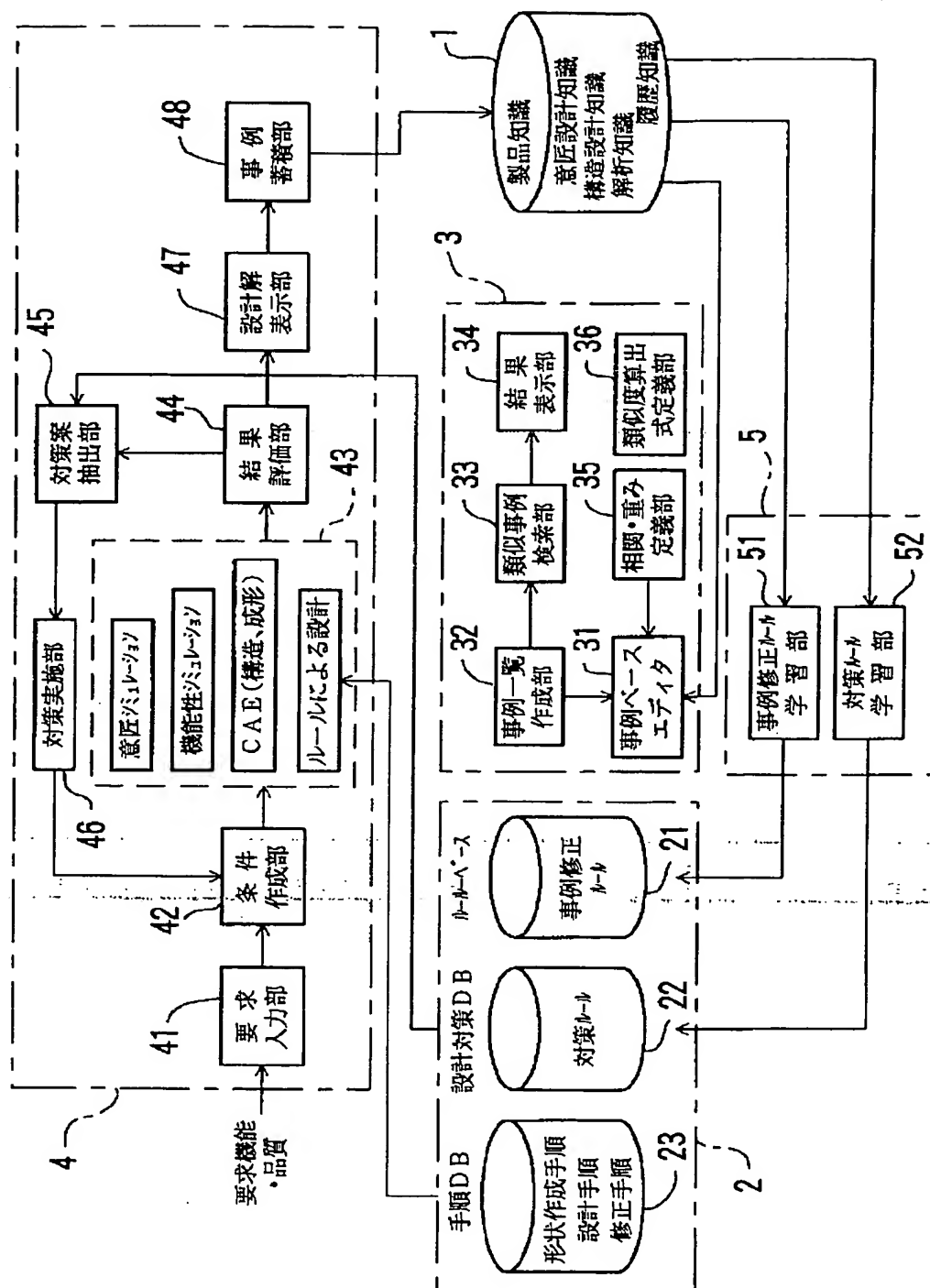


【図6】

不 具 合	対 策					
	(1)R大	(2)17"補強	(3)	(4)	(5)	(N)
コナ応力集中減	10	1	3	-2	0	2
たわみを拘える	2	8	-1	0	0	5
体積を増やさない	9	1	-5	4	7	0

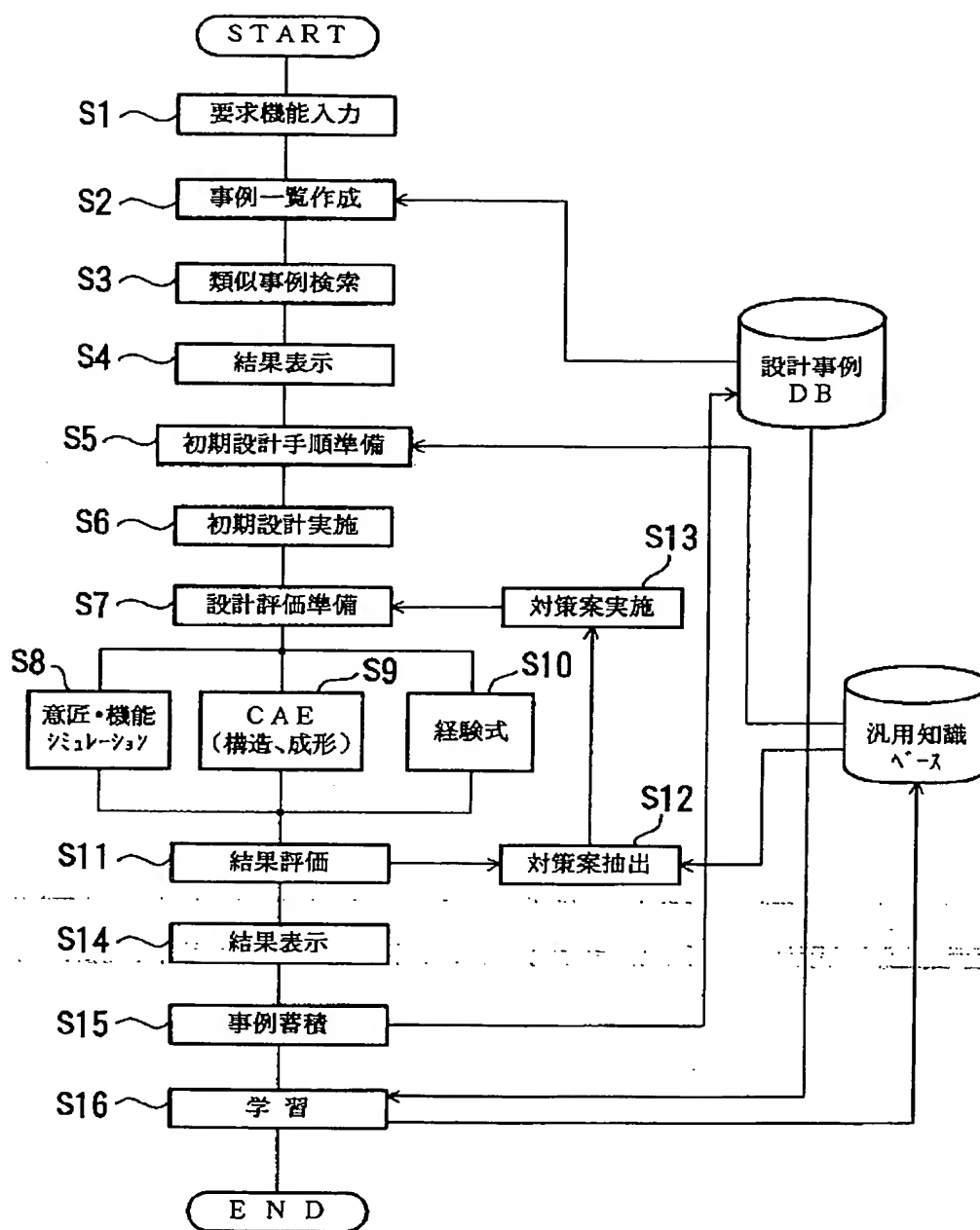
(7)

【図1】



(8)

【図2】

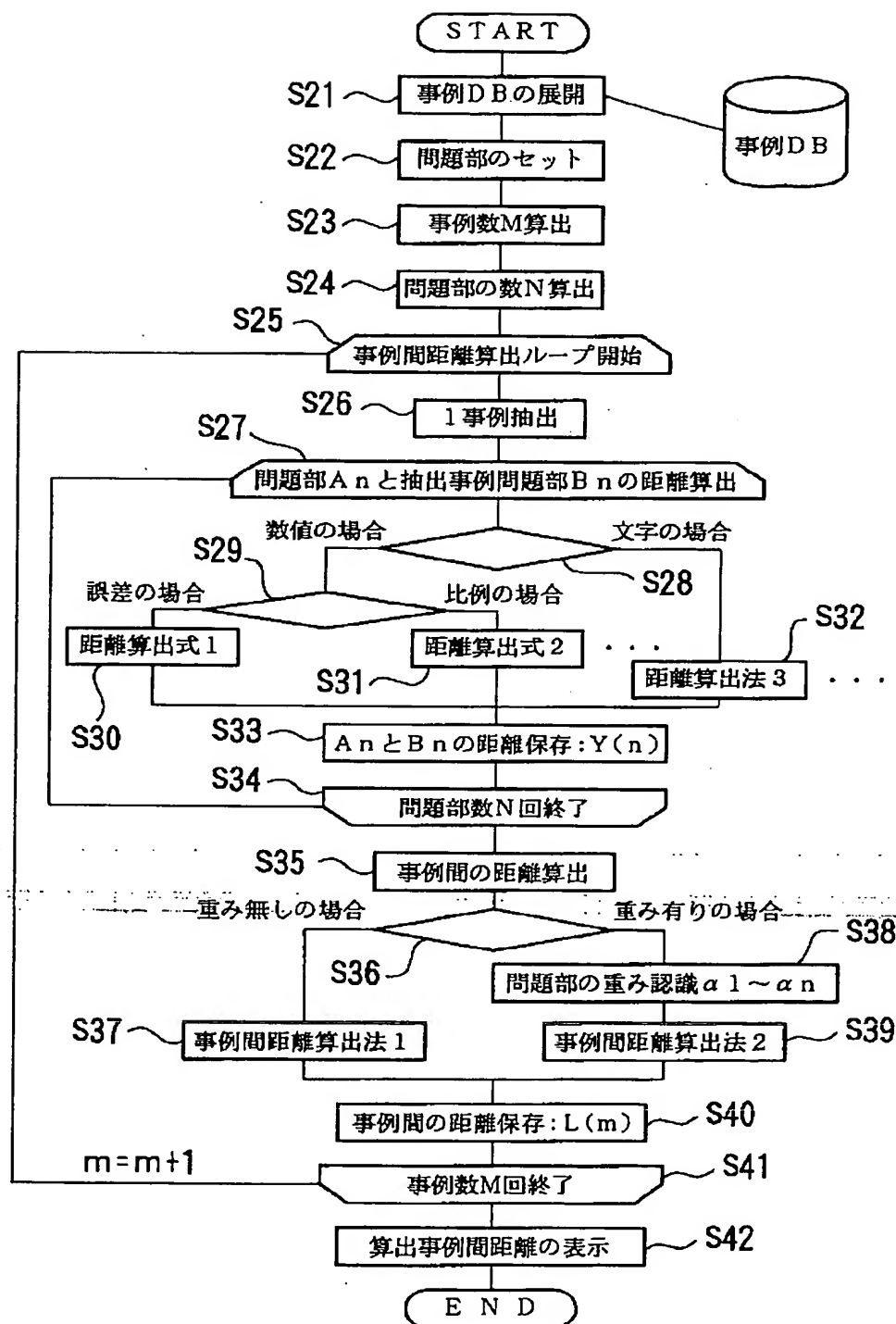


【図7】

(a)						(b)			
	案1	案2	案3	案4	...		初期	対策1	対策2
意匠性	5	4	7	9		意匠性	9	9	9
機能性	7	5	2	8		機能性	8	8	8
製品強度	6	9	1	3		製品強度	3	3 → 7	
成形性	3	5	6	4		成形性	4 → 8	8	
合計	21	23	16	24		合計	24	28	32

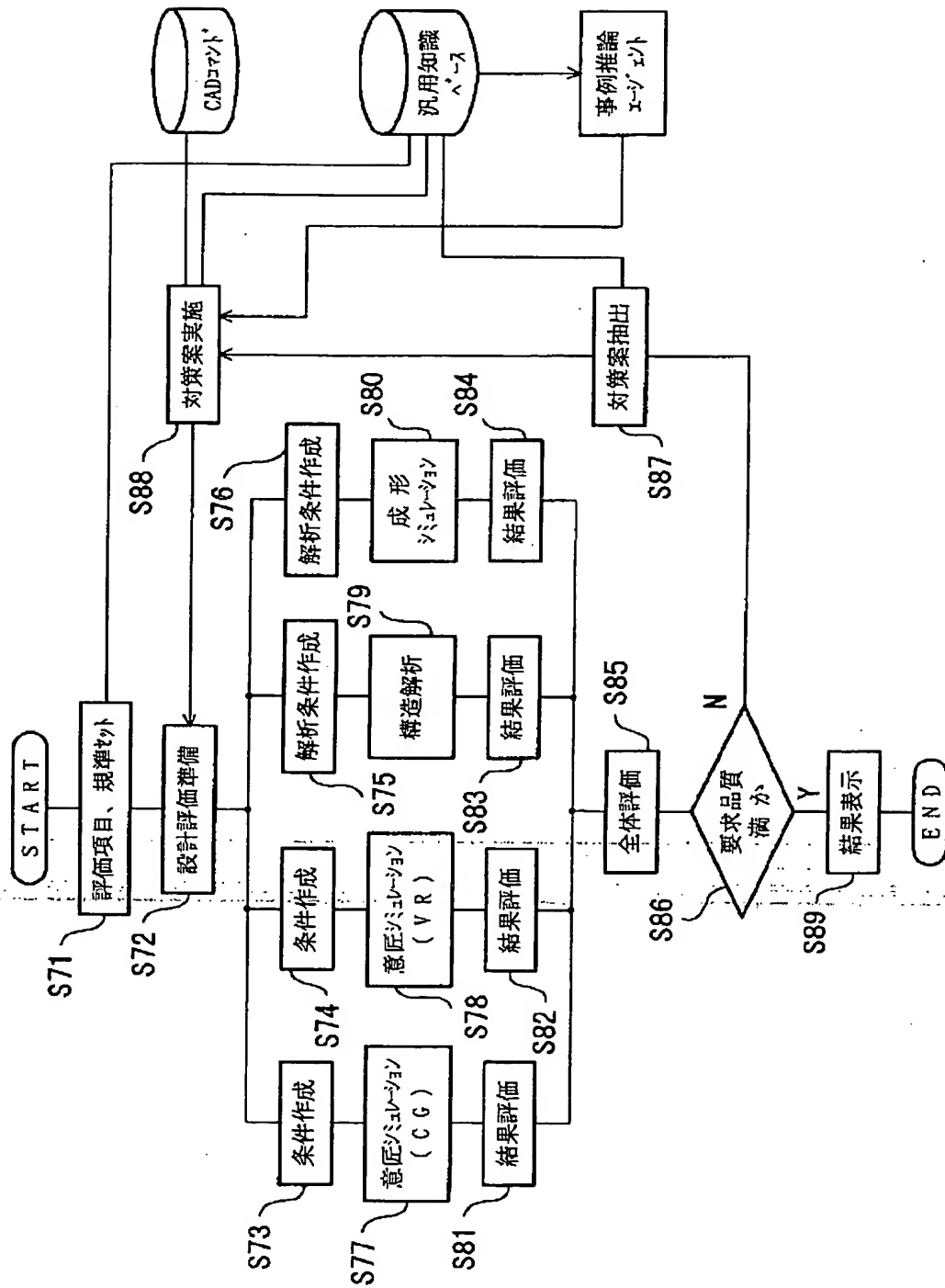
(9)

【図3】



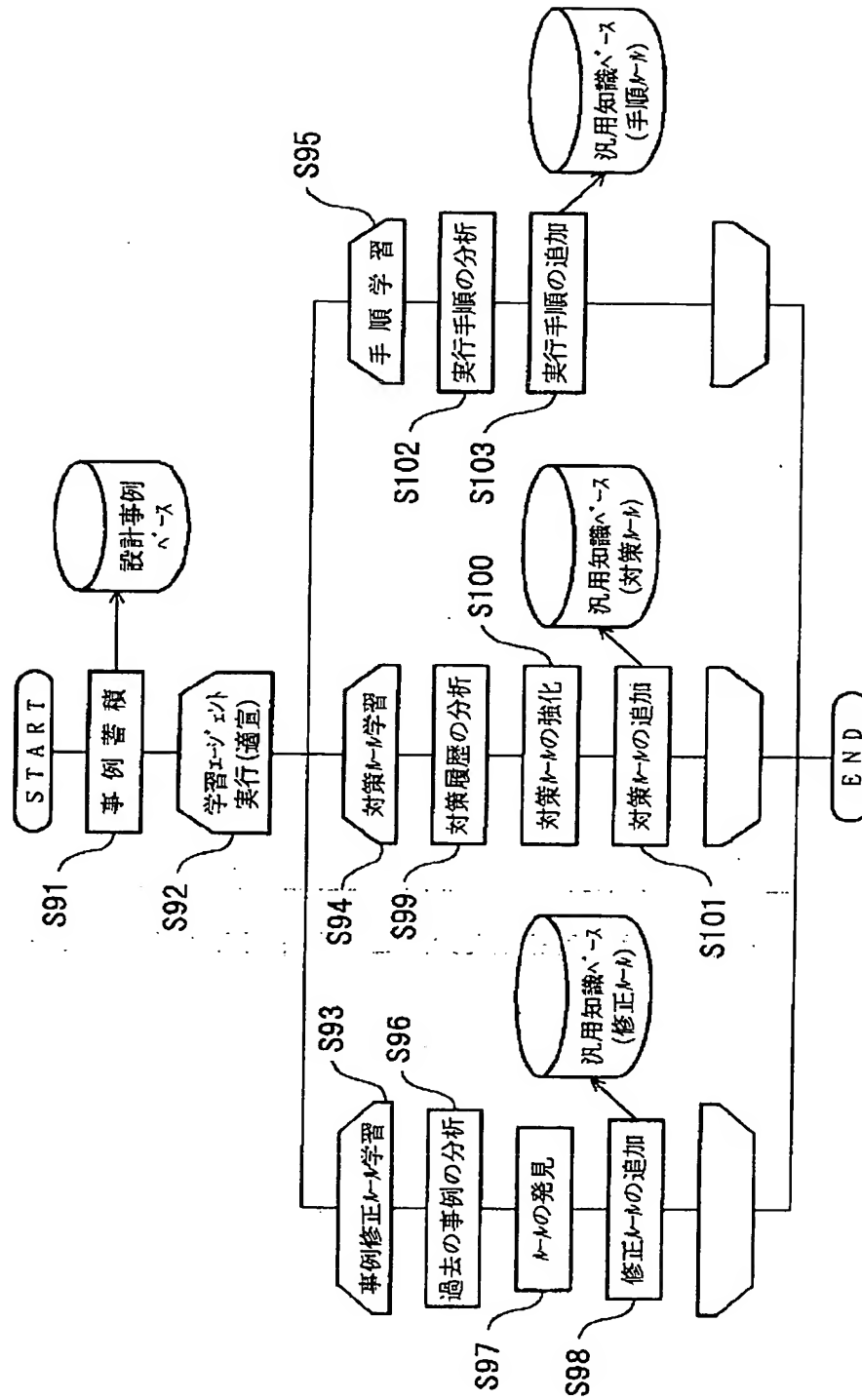
(10)

【図5】



(11)

【図8】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.